

**УДК 620.179**

*А.Ю. Якимчук, студентка гр. ПК-61*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **МЕТОДИ ДОППЛЕРОГРАФІЇ У МЕДИЦИНІ**

**Анотація.** Оглядова стаття призначена для ознайомлення з сучасними методами доплерографії в медицині, короткий їх огляд, сфери застосування цих методів.

**Ключові слова:** ефект Допплера, доплерографія, ультразвук, ехографія, елайзінг.

### **ВСТУП**

Сьогодні у зв'язку з неідеальним навколишнім середовищем (забрудненість повітря, смог, шкідливі випари), у зв'язку зі збільшенням об'ємів шкідливої їжі, яку ми вживаємо щодня, та іншими індивідуальними чинниками, значно збільшилась кількість серцево-судинних захворювань. Для їх ранньої діагностики широко застосовують ультразвукову доплерографію.

Допплерографія заснована на ефекті Допплера. Сутність цього ефекту полягає в тому, що частота коливань, які збуджує випромінювач і частота тих же коливань, які фіксує приймач, може відрізнитись у випадку випромінювач та приймач рухаються відносно один одного [1].

До основних методів ультразвукової доплерографії можна віднести наступні [2]:

- Імпульсний доплер;
- Неперервний доплер;
- Кольорове доплерівське картування;
- Енергетичний доплер.

### **НЕПЕРЕРВНИЙ ДОППЛЕР**

Цей вид доплерографії з'явився на ранній стадії розвитку ультразвукових систем, тому був першим і, деякий час, єдиним використовуваним методом. Метод називається неперервним, тому що при його роботі випромінюються і приймаються синусоїдальні сигнали великої тривалості. Насправді тривалість ехосигналів, що обробляються в системі, обмежена в часі, це пов'язано з необхідністю вимірювання доплерівського зсуву частоти.

До професійних переваг цього методу треба віднести високу чутливість та точність оцінки спектру частот і швидкостей, можливість отримати характеристики кровотоку, однозначність вимірювання, технічно просту реалізацію.

Недоліками методу можна вважати залежність оцінки отриманих вимірювань від кута між напрямом кровотоку та віссю ультразвукового променя, відсутність роздільної здатності по глибині. Оскільки метод використовується в медицині варто відмітити складність його роботи для лікаря у зв'язку з налаштуванням та визначенням потрібного кута для спостереження.

### **ІМПУЛЬСНИЙ ДОППЛЕР**

На відміну від неперервного Допплера, в імпульсному методі наявна роздільна здатність по глибині. Відомо, що для ехограми використовується

випромінювання саме імпульсних сигналів. Варто зазначити, що чим коротші імпульси в часі, тим краща роздільна здатність по глибині.

Для того щоб спостерігати тільки одну судину, необхідно виділити певний інтервал у часі та аналізувати ехосигнали, що приходять протягом цього інтервалу. Положення самого інтервалу на осі часу визначається глибиною розташування судини.

Варто зазначити, що при використанні коротких сигналів виходить нижча точність вимірювання, ніж при довгих сигналах. Це пов'язано в першу чергу з тим, що при вимірюванні коротких імпульсів завжди присутні різноманітні шуми та перешкоди, що значно ускладнює процес вимірювання. Також значну роль відіграє той факт, що чим менша тривалість сигналу, тим ширший спектр частот. Тому для уникнення цих недоліків при імпульсному доплері використовуються не короткі імпульсні сигнали, а періодичні послідовності імпульсів.

До переваг цього методу слід віднести його здатність надавати дані доплерівського зсуву вибірково з невеликого сегмента, можливість двовимірної реалізації об'єму контролюваного зразку тощо.

Основним недоліком імпульсного доплера є елайзінг. Він проявляється в нездатності методу реєструвати потоки, що рухаються швидше, ніж 1,5 - 2 м / с.

## КОЛЬОРОВЕ ДОПЛЕРІВСЬКЕ КАРТУВАННЯ

Кольорове доплерівське картування засноване на кодуванні в кольорі значення доплерівського зсуву [3]. Тому головною відмінністю цього методу від інших є те, що в результаті цифрової обробки сигналу, в певній частині зображення наявна кольорова шкала, за допомогою якої можна проаналізувати швидкість руху структур в кожному з сегментів зображення (рис. 1).

Методика забезпечує візуалізацію потоків крові в серці і великих судинах. Зазвичай, помаранчевий колір відповідає потоку, що йде назустріч датчику, а синій – навпаки, від датчика.

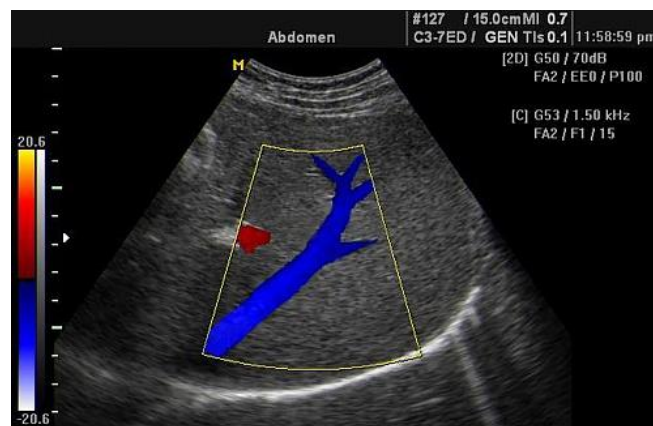


Рис. 1. Кольорова доплерівська ехограма

За виміряними значеннями середнього доплерівського зсуву частоти та знаючи (оцінюючи) доплерівський кут, можна визначити середнє значення швидкості руху в елементі. Саме ця інформація допомагає лікарю визначити чи

є патології в людському організмі. Цей метод дозволяє оцінювати не тільки морфологічний стан судин, а і стан кровотоку.

Недоліком методу є те, що отримана інформація є якісною, а не кількісною, низька чутливість та елайзінг. Також за допомогою цього методу неможливо отримати зображення невеликих судин і проаналізувати стан кровотоку по ним. Це значно звужує область застосувань цього методу.

### **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ДОППЛЕР**

Метод заснований на аналізі амплітуд всіх отриманих сигналів доплерівського спектру, що відображають щільність еритроцитів в досліджуваному об'єкті. При відображенні отриманого зображення на екрані наявна шкала, що дає нам можливість оцінювати інтенсивність отриманого сигналу. Тобто, при цьому методі в самому кольорі кодується не величина доплерівського зсуву, а інтеграл амплітуд всіх сигналів доплерівського спектра. Саме це дає можливість візуалізувати судини навіть дуже невеликого діаметра.

Недоліком методу є те, що при його використанні неможливо судити про швидкість і напрямок кровотоку. До переваг слід віднести високу чутливість, що дозволяє отримувати відображення усіх ділянок, незалежно від їх розміру та швидкості кровотоку в них.

### **ВИСНОВОК**

Кожен з методів має свою сферу застосування в медицині:

- Неперервний Допплер - аналіз атріовентрикулярного і аортального кровотоку, дослідження кровотоку в периферичних судинах;
- Імпульсний Допплер – в ехокардіології;
- Кольорове доплерівське картування – використовується для досліджування кровотоку в судинах та в ехокардіографії;
- Енергетичний Допплер – використовується для вивчення форм судин.

Поєднання цих методів призведе до об'єднання сфер застосувань, що в свою чергу спростить та пришвидшить діагностику доплерівськими методами людського організму.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
- [2] Осипов Л. В. Ультразвуковые диагностические приборы: практическое руководство пользователя / Л. В. Осипов. – М. : Видар, 1999. – 256 с.
- [3] Ультразвуковая диагностика патологии сосудистой системы [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://doctorspb.ru/articles.php?article\\_id=1087](https://doctorspb.ru/articles.php?article_id=1087). [0]

*Науковий керівник: к.т.н, доцент Галаган Р.М.*